3. Hardware en software: een overzicht

Microconrollers

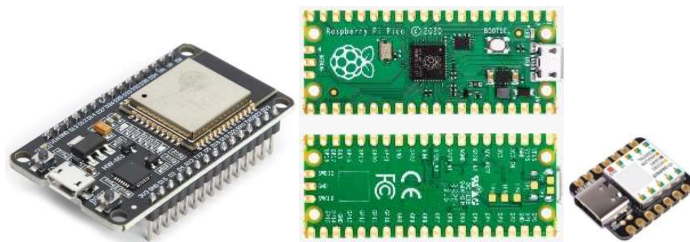
Een **microcontroller** is een geïntegreerde schakeling die bestaat uit een microprocessor en perifere onderdelen. We gebruiken microcontrollers om elektronische apparatuur te besturen. Een microcontroller bestaat o.a. uit

- de **processor**: MicroPython werkt op een controller met een 32 bit processor. ARM processoren zijn heel populair maar Risk-V is in opmars. ARM-processoren worden ontworpen door ARM Holdings. Dit bedrijf maakt zelf geen chips, ze verkopen verkoopt licenties van hun ontwerpen aan andere fabrikanten. ARM's vind je terug in IOT-toepassingen, smartphones, laptops en servers. RISC-V is een open standaard architectuur voor processoren ontworpen door een consortium van de universiteit van Berkeley met enkele bedrijven. Ze maken processorontwerpen voor chips voor IOT-toepassingen tot supercomputers.
- **geheugen**:
    - **ROM** geheugen is alleen leesbaar. Elke controller heeft een stukje ROM met software die het systeem laat opstarten en het toepassingsprogramma uitvoert.
    - **RAM** geheugen is het werkgeheugen en is een onderdeel van de controller.
    - **Flash** is semi-permanent geheugen: de inhoud verdwijnt niet bij stroomuitval maar we kunnen wel de inhoud veranderen. Wij gebruiken Flash als programmageheugen. Bij het programmeren van de controller zetten we daar onze toepassing. Sommige controllers hebben geen Flash, we gebruiken dan een externe Flash.
- **GPIO-poorten** (*General Purpose Input Output*) zijn digitale in- en outputpoorten. Hier sluiten we sensoren en actuatoren aan. Een actuatoren is iets dat we digitaal kunnen aansturen zoals een LED, een relais, …
- Een **seriële poort** gebruiken we om grotere gegevensblokken over te brengen naar een randapparaat. Voorbeelden die we later bestuderen zijn de UART-poort, I2C, SPI, CAN, I2S, ... (zie verder)
- De **RTC** (Real Time Clock) is een onderdeel dat de tijd, datum en uur bijhoudt.
- Een **ADC** (Analoog Digitaal Convertor) vertaalt een analoog signaal naar een digitaal.

- Een **DAC** doet het omgekeerde.

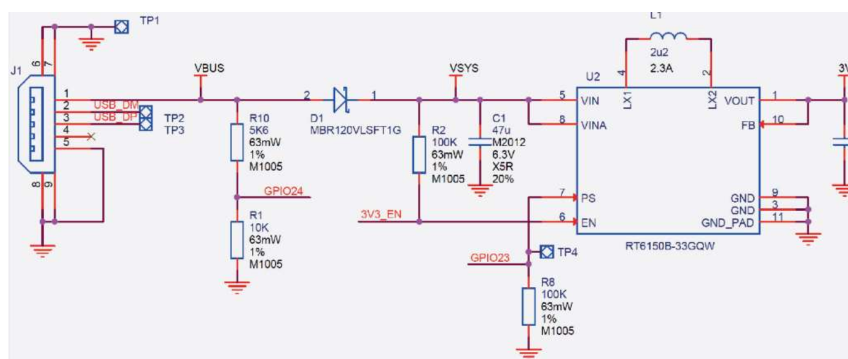
Ontwikkelbordjes

Microcontrollers hebben een behuizing met aansluitingen die niet met de hand te solderen zijn. Wij gebruiken ontwikkelbordjes, die bestaan minimaal uit een printje met een controller, aansluitpinnen voor GPIO's en een USB-poort voor verbinding met een PC. De USB poort gebruiken we voor het programmeren van de chip en voor de voeding van het bordje.



Figuur 2: enkele ontwikkelbordjes

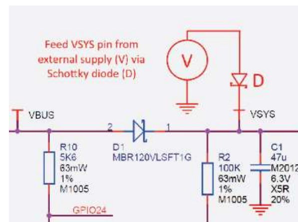
Tijdens de experimenten is het bordje verbonden met de USB-poort van een PC, je hebt je geen andere voeding nodig. De meeste bordjes hebben voedingspinnen: pin 5V is verbonden met de USB-voeding, pin 3.3V met de uitgang van de stabilisator die de processor voedt. Bij stand-alone gebruik, dus met geprogrammeerde controller, heb je keuze uit een USB-voeding of een voeding op pinnen 5V en GND. Een batterijvoeding maak je met 2 of 3 batterijtjes van 1,5 V. Hieronder zie je de voeding van het Raspberry Pi Pico bordje met een RP2040 processor.



Figuur 3: voeding van de Raspberry Pi Pico

Soms heb je behoefte aan twee voedingen: een hoofdvoeding aan de USB-poort en een noodvoeding aan VSYS. De datasheet raadt aan een **schottky-diode** te gebruiken

voor de noodvoeding. Met een gewone diode zoals de 1N4001 lukt het ook. De USB-voeding is de hoofdvoeding, de noodvoeding neemt over bij een onderbreking aan de USB.



Figuur 4: noodvoeding met Schottky

Sommige bordjes en sommige uitbreidingskaarten hebben een aansluiting **LiPo**. Hier sluit je een oplaadbare LiPo-batterij aan. Deze bordjes hebben hardware om de batterij op de juiste manier op te laden.

De **I2C**-poort is een veel gebruikte poort. Dat is een aansluiting met 4 draadjes, 2 data lijnen en voeding. Sommige fabrikanten noemen deze poort **IIC** of **TWI**, two wires interface. Om het gepruts met de 4 draadjes te vermijden, hebben sommige fabrikanten er een aparte stekker voor ontworpen. De oudste is de **GROOVE**-poort, die o.a. Seeeduino gebruikt. Nieuwer zijn de **QWIIC** en de **Stemma Qt** connector. Die laatste twee zijn compatibel met elkaar en er bestaan adapters QWIIC/GROOVE.

Enkele voorbeelden

RP2040

Begin 2021 is de **RP2040** van **Raspberry Pi** uitgekomen. Deze controller heeft twee 32 bit ARM M0+ cores. De RP2040 was direct succesvol, mede door de uitgebreide ondersteunig van de makers. Naast het Pico bordje van Raspberry Pi zijn er met deze chip nog veel bordjes uitgebracht, o.a. van Arduino, Adafruit, Sparkfun een Seeeduino.

Een nadeel van de RP2040 en de meeste bijhorende bordjes is dat ze geen WiFi ondersteunen. Uitzonderingen zijn de Arduino Nano RP2040 connect en de Raspberry Pi Pico W. In de bijlagen vind je een beschrijving van die bordjes.

Controllers van Espressif

Espressif Systems is een Chinese multinational. Zij ontwerpen o.a. controllers, de productie besteden ze uit aan het Chinese TSMC. Hun controllers zijn goedkoop, energiezuinig en beschikken over draadloze communicatie. De meeste controllers zijn gebouwd rond 32 bit Xtensa processoren van Tensilica, enkele chips werken met een RISC-V ontwerp.

Espressif bracht in 2014 de **ESP8266** uit. Deze chip is op korte tijd heel populair geworden. Het is een controller met een 32 bit processor core (Xtensa L106) en met WiFi hardware voor draadloze netwerktoegang. Het werkgeheugen (RAM) is 64 KB groot, er is geen Flash geheugen op de chip, die wordt extern aangesloten. De controller heeft 17 GPIO's. Er zijn heel veel bordjes met een ESP8266. Sommige oudere ESP8266-bordjes hebben weinig Flash geheugen en zijn minder geschikt voor MicroPython. De nieuwere zijn beter uitgerust, ze hebben allemaal tenminste 2 MB flash.



Figuur 5: Wemos D1 Mini

De **ESP8285** is een ESP8266 met Flash aan boord: er is een versie met 1 MB Flash en één met 2 MB. De ESP8266 en ESP8285 zijn grotendeels compatibel, de ESP8285 heeft iets minder vrije GPIO's. De MicroPython software voor de ESP8266 werkt ook op de ESP8285. We hebben de ESP8266 software getest op een goedkoop bordje met een ESP8285. Alles werkt perfect.

In 2016 kwam een uitgebreidere controller uit, de **ESP32**, met een één of twee processoren (Xgensa LX6), WiFi en Bluetooth. De single-core chips zijn zeldzaam, bijna iedereen gebruikt de dual-core ESP32. Het werkgeheugen (RAM) is 520 KB groot, het Flash geheugen is extern. De controller heeft 34 GPIO's. Bordjes met deze controller zijn ruim voorzien van Flash en zijn geschikt voor MicroPython. Ook bruikbaar zijn de mini bordjes van Wemos. Die zijn compact, goedkoop en goed uitgerust, ze hebben allemaal minimaal 4 MB Flash. Wemos verkoopt ook bijhorende uitbreidingen met o.a. sensoren of beeldschermen. Afhankelijk van de connectoren die je monteert heb je een gestapeld systeem of meerdere printjes naast elkaar op een verbindingsbord. Ze hebben een ESP80286 of een ESP32.

De **ESP32-C3** is een gloednieuwe ESP-controller, gebaseerd op één RISC-V processor. Het aantal GPIO's is beperkt maar de controller is krachtig, goedkoop en energiezuinig. De periferie op de chip is grotendeels gelijk aan die van de ESP32. Bij de documentatie op de website van MicroPython ontbreekt de beschrijving van deze versie, maar met de beschrijving voor de ESP32 kom je er wel.

De **ESP32-S2** en de **ESP32-S3** zijn nieuwe varianten van de ESP32. De S2 is gebouwd rond één LX7 processor, de S3 heeft er twee en is dan ook een stuk krachtiger dan

de S2.. MicroPython heeft ook voor deze controllers een aangepaste versie uitgebracht.

SAMD21G18

De **SAMD21G18** behoort tot de **SAMD21** familie. Deze controller heeft een ARM M0+ van Microchip, 32 kB RAM en 256 kB Flash. De kloksnelheid is 48 MHz. Het Flash-geheugen is vrij klein voor MicroPython, deze controller wordt gewoonlijk geprogrammeerd met Arduino software of met CircuitPython. MicroPython heeft onlangs voor de AMD21 een versie uitgebracht. Deze heeft een aantal beperkingen door de beperkingen van de controller.

Een populair bordje met deze chip is de Seeeduino Xiao. Het Chinese woord XIAO betekent klein, het bordje is echt klein (en goedkoop).



Figuur 6: Seeeduino Xiao

In de bijlage vind je een beschrijving van deze controllers en bijhorende ontwikkelbordjes.